

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:  
BOUCHE ET AL.

Serial No. Not yet assigned

Filing Date: Herewith

For: METHOD FOR THE ADHESION OF TWO  
ELEMENTS, IN PARTICULAR OF AN  
INTEGRATED CIRCUIT, FOR  
EXAMPLE AN ENCAPSULATION OF A  
RESONATOR, AND CORRESPONDING  
INTEGRATED CIRCUIT

)  
)  
) I HEREBY CERTIFY THIS PAPER OR FEE IS BEING  
) DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE  
) "EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE"  
) SERVICE UNDER 37 CFR 1.10 ON THE DATE  
) INDICATED BELOW AND IS ADDRESSED TO: MS  
) PATENT APPLICATION, PO BOX 1450,  
) ALEXANDRIA, VA 22313-1450.

) EXPRESS MAIL NO: EV 322685416 US

) DATE OF DEPOSIT: December 5, 2003

) NAME: Justin Goree

) SIGNATURE: Justin Goree

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

MS PATENT APPLICATION  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the  
priority French Application No. 0215370.

Respectfully submitted,

Michael W. Taylor  
MICHAEL W. TAYLOR  
Reg. No. 43,182  
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath  
& Gilchrist, P.A.  
255 S. Orange Avenue, Suite 1401  
Post Office Box 3791  
Orlando, Florida 32802  
Telephone: 407/841-2330  
Fax: 407/841-2343  
Attorney for Applicant





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 OCT. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa  
N° 11354\*02

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 3 W / 010801

<b>5 DEC 2002</b> REMISE DES PIÈCES DAT 75 INPI PARIS LIEU <b>0215370</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>05 DEC. 2002</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Bureau D.A. CASALONGA - JOSSE 8, avenue Percier 75008 PARIS	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) BO2/3396FR-FZ			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		<input type="checkbox"/>	Date
		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Procédé d'adhésion de deux éléments, en particulier d'un circuit intégré, par exemple une encapsulation d'un résonateur, et circuit intégré correspondant.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		STMicroelectronics SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Domicile ou siège	Rue	29, Boulevard Romain Rolland	
	Code postal et ville	92120 MONTRouGE	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**

5 DEC 2002		Réserve à l'INPI	
REMISE DES PIÈCES DATE 15 INPI PARIS		0215370	
UEU		N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
DB 540 W / 018501			
<b>Vos références pour ce dossier :</b> (facultatif)		B 02/3396 FR-FZ	
<b>6 MANDATAIRE</b> (s'il y a lieu)			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Bureau D.A. CASALONGA - JOSSE	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	8, avenue Percier	
	Code postal et ville	75 008 PARIS	
	Pays		
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR</b> OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE</b> OU DE L'INPI	
 Axel CASALONGA, bm 92 1044 Conseil en Propriété Industrielle			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**Procédé d'adhésion de deux éléments, en particulier d'un circuit intégré, par exemple une encapsulation d'un résonateur, et circuit intégré correspondant**

5

L'invention concerne le domaine des microsystèmes et des circuits intégrés, et plus particulièrement l'adhésion mutuelle de deux éléments d'un circuit intégré ou d'un microsystème.

10 L'invention s'applique avantageusement mais non limitativement à l'encapsulation de composants sur une puce électronique, par exemple l'encapsulation d'un résonateur supporté par un miroir de Bragg.

15 Le développement des technologies de la microélectronique s'accompagne d'une intégration de plus en plus systématique de fonctions électriques complexes, jadis situées à l'extérieur du boîtier du circuit intégré. Parmi ces fonctions, on peut citer les microsystèmes électromécaniques (MEMS : Micro Electro Mechanical Systems) et les composants passifs connus par l'homme du métier sous la dénomination anglosaxonne de composants « above IC » (au-dessus du circuit intégré) réalisés au-dessus de la couche de passivation recouvrant le circuit intégré.

20

La réalisation de ces systèmes MEMS ou composants passifs requiert une stricte compatibilité, notamment thermique, de leurs étapes avec celles de la réalisation des niveaux d'interconnexion inférieurs, ainsi qu'une couche de protection avant la mise en boîtier du circuit.

25

Actuellement, l'adhésion de deux éléments au sein d'un microsystème se fait par collage à l'aide d'un matériau polymère. Néanmoins cette approche pose problème, car le polymère est isolant, il ne permet pas d'assurer un contact électrique. De plus, dans le cas des

encapsulations de composants, le collage utilisant le polymère ne permet pas d'obtenir un système hermétique.

5 Dans le domaine des microsystèmes, la demande de brevet WO 02/058233 décrit l'encapsulation de filtres utilisant comme moyen d'adhésion l'alliage eutectique AuSi. Mais ce type d'alliage ne peut être utilisé en microélectronique sur un circuit intégré, car l'or diffuserait à travers les niveaux inférieurs du circuit intégré et endommagerait les interconnexions s'y trouvant.

10 Ainsi, actuellement, aucune méthode ne permet d'adhérer deux éléments d'un circuit intégré, en particulier d'encapsuler un composant sur un circuit intégré, à une température acceptable, par exemple inférieure à 400°C, permettant d'obtenir une couche d'adhésion ayant de bonnes propriétés mécaniques et éventuellement de bonnes propriétés électriques de façon à obtenir par exemple un système hermétique ou  
15 semi-hermétique.

L'invention vise à apporter une solution à ces problèmes.

L'invention concerne un procédé d'adhésion d'un premier élément, par exemple d'un circuit intégré ou d'un microsystème, dont au moins une partie de la surface est recouverte de silicium, sur un  
20 second élément, par exemple d'un circuit intégré ou d'un microsystème, dont au moins une partie de la surface est recouverte de nickel. L'adhésion est effectuée par soudage NiSi (nickel silicium). Le soudage s'effectue à une température de chauffage supérieure à 250°C, de préférence entre 250°C et 400°C, et plus particulièrement à 300°C.

25 La durée minimale du soudage dépend de la température de soudage utilisée, et pourra être ajustée par l'homme du métier en fonction de l'application envisagée. Ceci étant il a été observé qu'une durée minimale de 5 minutes pouvait être envisagée. Mais lorsque la



température est inférieure à 450°C, il s'avère préférable d'adopter une durée minimale de 20 minutes environ, avantageusement 25 minutes.

La rugosité entre les deux parties de surface des deux éléments est de préférence inférieure à 1 µm. La couche de NiSi ainsi formée  
5 peut avoir à titre indicatif une épaisseur de l'ordre de 1 µm.

Selon une variante de l'invention, le second élément comporte, sous la couche en nickel, une sous-couche en silicium. L'empilement obtenu est composé des couches Si/Ni/Si. Après soudage, l'empilement est formé des couches Si/NiSi/Si.

10 Selon une autre variante de l'invention, le premier élément comporte, sous la couche en silicium, une sous-couche en nickel. L'empilement obtenu est composé des couches Ni/Si/Ni. Après soudage, cet empilement se constitue des couches Ni/NiSi/Si/NiSi/Ni ou bien Ni/NiSi/Ni si tout le silicium est consommé. Ce second  
15 empilement présente l'avantage d'être conducteur au niveau de chacune de ses couches.

L'invention s'applique avantageusement à une encapsulation de composants sur une puce électronique.

Dans une première variante du procédé d'encapsulation, le premier  
20 élément est un capot en silicium et le second élément comporte un résonateur supporté par un miroir de Bragg comportant une couche de nickel entre deux couches de matériau de faible impédance acoustique, comme par exemple SiO<sub>2</sub>.

Selon un mode de mise en œuvre, le procédé comprend les étapes  
25 suivantes préalablement à l'étape d'adhésion :

-une étape de préparation du second élément, comportant le retrait d'une partie de la couche du matériau de faible impédance de façon à découvrir la couche de nickel,

-une étape de préparation du premier élément, comportant la formation d'une partie de liaison en silicium,

-une étape de mise en contact de la partie de liaison du premier élément avec la partie découverte de la couche de nickel du second élément,

de façon à obtenir, après adhésion, le résonateur encapsulé par le capot.

On entend par " partie" une ou plusieurs régions d'un élément ou d'une couche.

Selon un autre mode de mise en œuvre du procédé, le premier élément est un capot en silicium et le second élément comporte un résonateur supporté par un miroir de Bragg comportant une couche d'un matériau de forte impédance différent du nickel entre deux couches de matériau de faible impédance acoustique.

Ce procédé comprend par exemple les étapes suivantes préalablement à l'étape d'adhésion :

-une étape de préparation du second élément, comportant le retrait d'une partie de la couche du matériau de faible impédance acoustique de façon à découvrir la couche de matériau de forte impédance acoustique,

-une étape de dépôt de nickel sur la partie découverte,

-une étape de préparation du premier élément, comportant la formation d'une partie de liaison en silicium,

-une étape de mise en contact de la partie de liaison du premier élément avec la partie découverte de la couche de nickel du second élément,

de façon à obtenir, après adhésion, le résonateur encapsulé par le capot.

L'invention propose également un dispositif, par exemple un circuit intégré ou un microsystème, comportant au moins deux éléments mutuellement solidarisés par une soudure formée d'un alliage NiSi.

5 Selon une première variante de l'invention, les deux éléments mutuellement solidarisés sont en silicium.

Selon une seconde variante de l'invention, les deux éléments mutuellement solidarisés sont en nickel.

10 Selon une troisième variante de l'invention, le premier élément est un capot en silicium, le second élément est un résonateur supporté par un miroir de Bragg, dont la couche du matériau de forte impédance acoustique est du nickel, la soudure NiSi se situant au niveau de l'interface entre une région du capot et une partie de la couche de nickel, le résonateur étant encapsulé par le capot.

15 Selon une quatrième variante de l'invention, le premier élément est un capot en silicium, le second élément est un résonateur supporté par un miroir de Bragg, dont la couche du matériau de forte impédance est différente du nickel, la soudure NiSi se situant au niveau de l'interface entre une région du capot et une partie de la couche du matériau de forte impédance acoustique, le résonateur étant encapsulé  
20 par le capot.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée des modes de réalisation et de mise en œuvre, nullement limitatifs, et des dessins annexés, sur lesquels :

- 25 -les figures 1 et 2 illustrent d'une façon très schématique un premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention aboutissant à un premier mode de réalisation d'un circuit intégré selon l'invention,  
-les figures 3 et 4 illustrent d'une façon très schématique un second mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention aboutissant à un second mode de réalisation d'un circuit intégré selon l'invention,



-les figures 5 à 10 illustrent d'une façon très schématique une autre mise en œuvre du procédé selon l'invention, plus particulièrement adaptée à une encapsulation d'un résonateur supporté par un miroir de Bragg,

5 -les figures 11 à 15 illustrent d'une façon très schématique encore une autre mise en œuvre du procédé selon l'invention, plus particulièrement adaptée à une encapsulation d'un résonateur supporté par un miroir de Bragg.

La figure 1 représente une couche de silicium 1 d'un circuit intégré CI et sur laquelle une couche de nickel 2 a été déposée de façon classique et connue en soi. Sur cette dernière couche, une autre couche de silicium 3 a été déposée ou mise en contact.

La figure 2 représente les mêmes éléments que ceux représentés à la figure 1 une fois le soudage effectué. On obtient ainsi deux couches de silicium 1 et 3, mutuellement adhérentes par une soudure NiSi (nickel silicium) 5.

Sur la figure 3, le circuit intégré CI comporte cette fois-ci une fine couche de silicium 8 disposée entre deux couches de nickel 7 et 9. Après soudage (fig 4), les deux couches de nickel 7 et 9 sont mutuellement solidarisées par l'alliage NiSi 11.

20 Dans ce mode de mise en œuvre, puisque l'alliage NiSi est conducteur, l'empilement des couches 7, 11 et 9 présente l'avantage d'être électriquement conducteur dans le sens vertical.

Ce mode de réalisation permet donc à la fois de solidariser deux éléments en nickel d'un circuit intégré, et de réaliser un empilement électriquement conducteur, qui pourrait par exemple servir pour une interconnexion électrique.

25 D'une façon générale, le soudage selon l'invention s'effectue à une température supérieure à 250°C, de préférence entre 250 °C et 400°C, et plus particulièrement à 300°C. Pour effectuer le soudage de deux

éléments, on maintient en contact les deux éléments avec une pression suffisante pour assurer le contact, et on chauffe à la température de soudage pendant typiquement 25 minutes. Par ailleurs, la rugosité des couches à souder est un paramètre permettant d'obtenir un soudage robuste, fiable et tenant sous vide. L'ensemble forme un second élément destiné à être solidarisé par soudage NiSi sur un premier élément d'un circuit intégré. Une rugosité inférieure ou égale à  $1\text{ }\mu\text{m}$  sera préférable. L'épaisseur de la couche NiSi obtenue dépend des épaisseurs des couches en présence et de la durée de soudage. A titre indicatif, une épaisseur de  $1\text{ }\mu\text{m}$  environ est une valeur acceptable pour une soudure.

On se réfère maintenant plus particulièrement aux figures 5 à 15 pour décrire une application particulière du soudage NiSi selon l'invention, à savoir une encapsulation d'un composant, tel un résonateur, supporté par un miroir de Bragg.

Une première variante de ce procédé d'encapsulation est illustrée sur les figures 5 à 10.

La figure 5 représente un élément, dénommé ici « second élément », qui comporte un résonateur 14 supporté par un miroir de Bragg 15, constitué d'une couche de nickel 16 située entre deux couches 17 d'un matériau de faible impédance acoustique par exemple  $\text{SiO}_2$ . Ce second élément, supporté par un substrat 13, va subir des étapes de préparation préalables à l'étape d'adhésion.

La figure 6 représente le second élément, sur lequel on a déposé une résine 18, afin de protéger le résonateur 14 des traitements ultérieurs.

On grave ensuite chimiquement de façon connue en soi deux orifices 180 dans la résine 18 de façon à découvrir deux régions 181 de la surface supérieure du miroir de Bragg.

La figure 7 représente le second élément, une fois effectué le retrait au niveau des régions 181 d'une partie de la couche du matériau de faible



impédance acoustique 17 par exemple par voie ionique ou par gravure sélective bien connue de l'homme du métier, et dont les caractéristiques dépendent du matériau utilisé. La couche de nickel 16 du miroir de Bragg est alors découverte au niveau des zones 160. Ces zones de nickel découvertes 160 pourront subir ensuite un éventuel nettoyage au plasma afin d'enlever les résidus de silice, ayant pu être introduits lors de la gravure. Il est en effet préférable d'obtenir une surface de nickel propre.

La figure 8 représente un premier élément 19 en silicium dans lequel on a réalisé par gravure une partie de liaison en silicium 20.

Avant la mise en contact des premier et second éléments, la résine 18 protégeant le résonateur du second élément est enlevée de façon connue en soi de la surface du miroir de Bragg 15.

On vient alors mettre en contact la partie de liaison 20 du premier élément 19 avec les zones de nickel découvertes 160 du second élément (fig 9). Puis on procède au soudage de façon à former un alliage NiSi 21 à l'interface entre la partie de liaison 20 en silicium et les zones de nickel 160. L'épaisseur de la soudure est par exemple de 1  $\mu$ m.

L'encapsulation obtenue peut être effectuée sous vide ou sous faible pression, afin d'obtenir un boîtier hermétique ou semi-hermétique. Lorsque le vide est établi avant l'étape de soudage, la soudure se fera sous vide.

Puis, comme illustré sur la figure 10, on procède par exemple à un polissage mécano-chimique de la face arrière FAR de l'élément 19 de façon à former un capot en silicium 190.

Le circuit intégré CI ainsi obtenu comprend alors un substrat 13 comprenant sur sa partie supérieure un miroir de Bragg 15, constitué d'un empilement de couches dont on n'a représenté que les trois

dernières sur la figure 10. La couche de forte impédance acoustique 16 est formée de nickel et est prise en sandwich entre deux couches de faible impédance acoustique, par exemple  $\text{SiO}_2$ . Ce miroir de Bragg 15 supporte un résonateur 14, encapsulé entre le miroir de Bragg et un capot de silicium 190. Le miroir de Bragg 15 et le capot de silicium 190 sont mutuellement solidarisés par une soudure 21 formée d'un alliage NiSi. Cet alliage se situe à l'interface de la couche de nickel du miroir de Bragg 16 et des parties de liaison 20 du capot.

La seconde variante du procédé est illustrée sur les figures 11 à 15. Seules les différences entre ces figures et les figures 5 à 10 seront maintenant décrites.

Selon cette seconde variante, le miroir de Bragg 15 possède une couche 16 d'un matériau de forte impédance acoustique, différente du nickel. Cette couche 16 peut être par exemple, en cuivre, en aluminium, en tungstène, en molybdène ou en tout autre métal conducteur.

Après avoir découvert les zones 160 de la couche 16, on dépose sur ces zones 160 une couche de nickel 28, par exemple par dépôt électrolytique.

Puis après avoir mis en contact la partie de liaison 20 de l'élément 19 avec les couches de nickel 28, on procède au soudage. Là encore, l'épaisseur de la couche de nickel 28 est choisie de façon à obtenir une soudure 21 NiSi de 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur par exemple.

La suite du procédé est identique à ce qui a été décrit précédemment en référence à la figure 10. On obtient alors sur la figure 15 un circuit intégré analogue à celui de la figure 10, à la différence près que cette fois-ci, le capot 190 encapsule un résonateur supporté par un miroir de Bragg dont la couche de forte impédance acoustique n'est pas en nickel.



A cet égard, même si la totalité de la soudure NiSi peut consommer la totalité de la couche de nickel 28, il est également possible en fonction des épaisseurs utilisées, que subsiste un reliquat de nickel 28 sous la soudure 21 NiSi.

- 5 Bien que l'on ait décrit une application de l'invention relative à des éléments d'un circuit intégré, le soudage NiSi selon l'invention peut également s'appliquer à des microsystemes, et remplacer alors avantageusement le soudage avec l'alliage eutectique AuSi.



## REVENDICATIONS

- 1 Procédé d'adhésion d'un premier élément (1;8), dont au moins une partie de la surface est recouverte de silicium sur un second élément (2;9) dont au moins une partie de la surface est recouverte de nickel, comportant une étape d'adhésion effectuée par soudage NiSi à une température de chauffage supérieure à 250°C, la rugosité entre les deux parties de surface des deux éléments étant inférieure à 1  $\mu\text{m}$ .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que chacun des deux éléments fait partie d'un circuit intégré ou d'un microsystème.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que la durée minimale de soudage est au moins de 5 minutes.
- 4 Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que la température de chauffage est comprise entre 250°C et 400°C, de préférence 300°C.
5. Procédé selon les revendications 3 et 4, caractérisé par le fait que la température minimale de soudage est au moins de 20 minutes, par exemple 25 minutes.
- 6 Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche formée de NiSi (5) a une épaisseur de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$ .

## REVENDICATIONS

- 1 Procédé d'adhésion d'un premier élément (1;8), dont au moins une partie de la surface est recouverte de silicium sur un second élément (2;9) dont au moins une partie de la surface est recouverte de nickel, comportant une étape d'adhésion effectuée par soudage NiSi à une température de chauffage supérieure à 250°C, la rugosité entre les deux parties de surface des deux éléments étant inférieure à 1  $\mu\text{m}$ .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que chacun des deux éléments fait partie d'un circuit intégré ou d'un microsystème.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que la durée minimale de soudage est au moins de 5 minutes.
- 4 Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que la température de chauffage est comprise entre 250°C et 400°C, de préférence 300°C.
5. Procédé selon les revendications 3 et 4, caractérisé par le fait que la durée minimale de soudage est au moins de 20 minutes, par exemple 25 minutes.
- 6 Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la couche formée de NiSi (5) a une épaisseur de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$ .

7 Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le second élément comporte, sous la couche en nickel (2), une sous-couche en silicium (1).

5 8 Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que le premier élément comporte, sous la couche en silicium (8), une sous-couche en nickel (7).

10 9 Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel :

- le premier élément est un capot en silicium (19),

- et le second élément comporte un résonateur (14) supporté par un miroir de Bragg (15) comportant une couche de nickel (16) entre deux couches de matériau de faible impédance acoustique (17), caractérisé par le fait que ce procédé comprend les étapes suivantes préalablement à l'étape d'adhésion :

- une étape de préparation du second élément, comportant le retrait d'au moins une partie de la couche du matériau de faible impédance acoustique (17) de façon à découvrir la couche de nickel (16),

20 -une étape de préparation du premier élément (19), comportant la formation d'au moins une partie de liaison en silicium (20);

- une étape de mise en contact de la partie de liaison (20) du premier élément avec la partie découverte de la couche de nickel (160) du second élément,

25 de façon à obtenir, après adhésion, le résonateur encapsulé par le capot.

10 Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel :

30 -le premier élément est un capot en silicium (19),

-et le second élément comporte un résonateur (14) supporté par un miroir de Bragg (15) comportant une couche de matériau de forte impédance acoustique différent du nickel (16) entre deux couches de matériau de faible impédance acoustique (17), caractérisé par le fait  
5 que ce procédé comprend les étapes suivantes préalablement à l'étape d'adhésion :

-une étape de préparation du second élément, comportant le retrait d'au moins une partie de la couche du matériau de faible impédance (17) de façon à découvrir la couche de matériau de forte impédance  
10 (16),

-une étape de formation de nickel sur la partie découverte (28),

-une étape de préparation du premier élément (19), comportant la formation d'au moins une partie de liaison en silicium (20),

-une étape de mise en contact de la partie de liaison (20) du  
15 premier élément avec la couche de nickel formée (28) sur le second élément,

de façon à obtenir, après adhésion, le résonateur encapsulé par le capot.

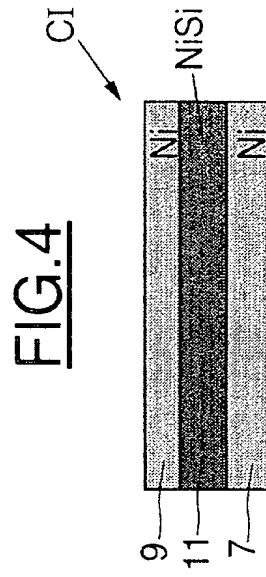
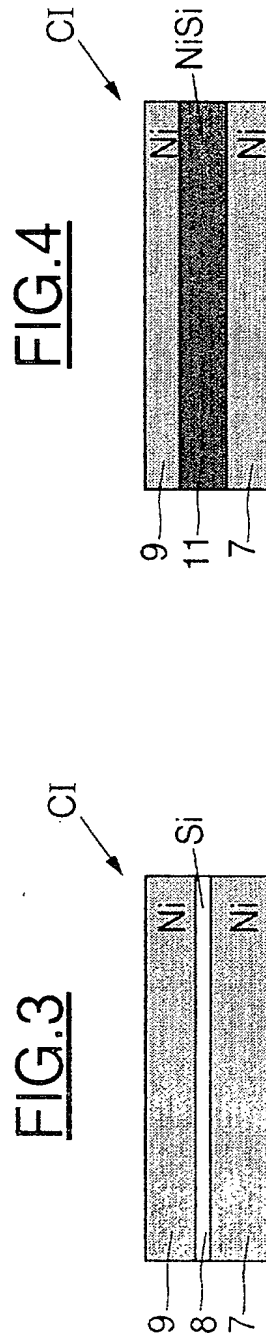
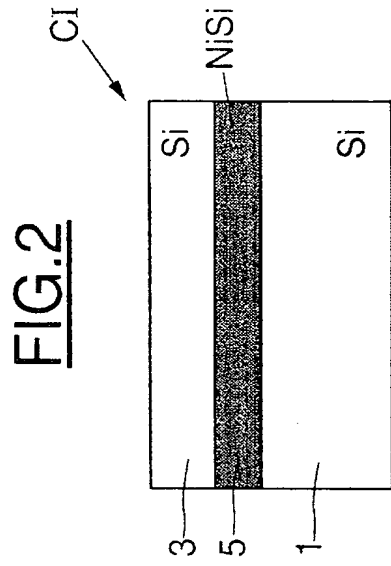
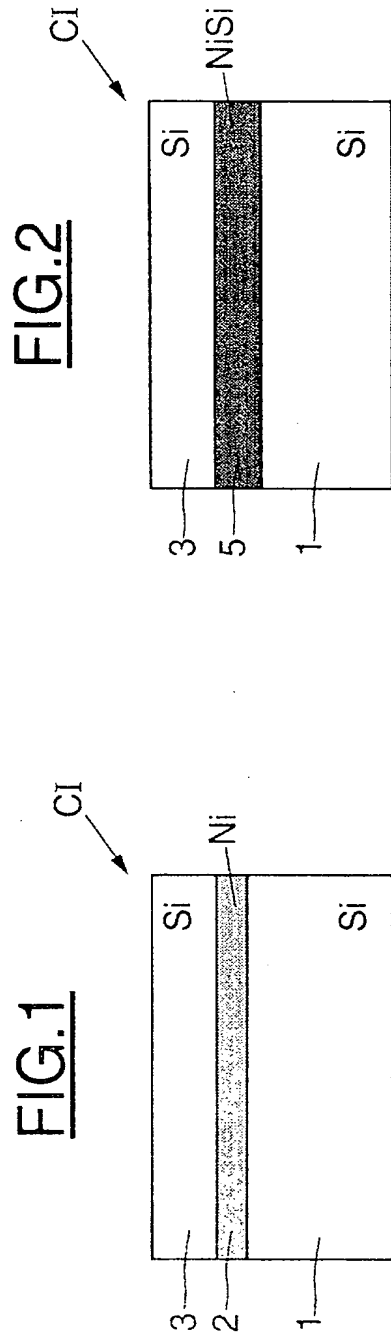
20 11 Circuit intégré, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins deux éléments mutuellement solidarisés par une soudure formée d'un alliage NiSi (21).

25 12 Circuit intégré selon la revendication 11, caractérisé par le fait que les deux éléments sont en silicium.

13 Circuit intégré selon la revendication 11, caractérisé par le fait que les deux éléments sont en nickel.

14 Circuit intégré selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le premier élément est un capot en silicium (19), le second élément est un résonateur (14) supporté par un miroir de Bragg (15), dont la couche du matériau de forte impédance est du nickel (16), la soudure NiSi (21) se situant au niveau de l'interface entre une région du capot (20) et une partie de la couche de nickel (160), le résonateur (14) étant encapsulé par le capot.

15 Circuit intégré selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le premier élément est un capot en silicium (19), le second élément est un résonateur (14) supporté par un miroir de Bragg (15), dont la couche du matériau de forte impédance (16) est différente du nickel, la soudure NiSi (21) se situant au niveau de l'interface entre une région du capot (20) et une partie de la couche du matériau de forte impédance, le résonateur (14) étant encapsulé par le capot.



**FIG. 5**

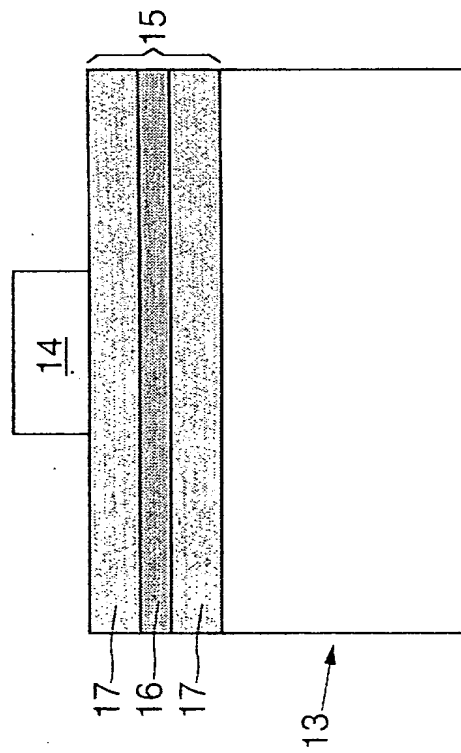




FIG.7

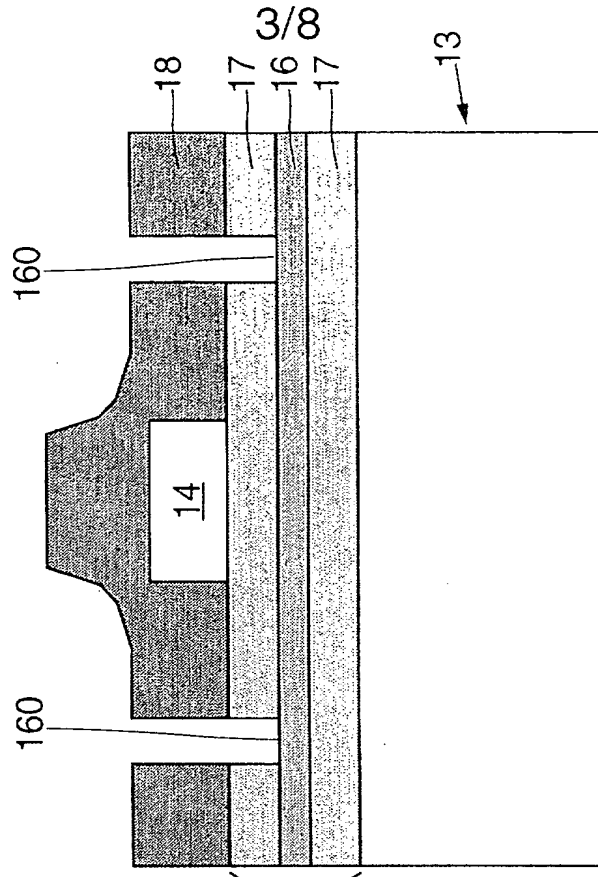


FIG.6

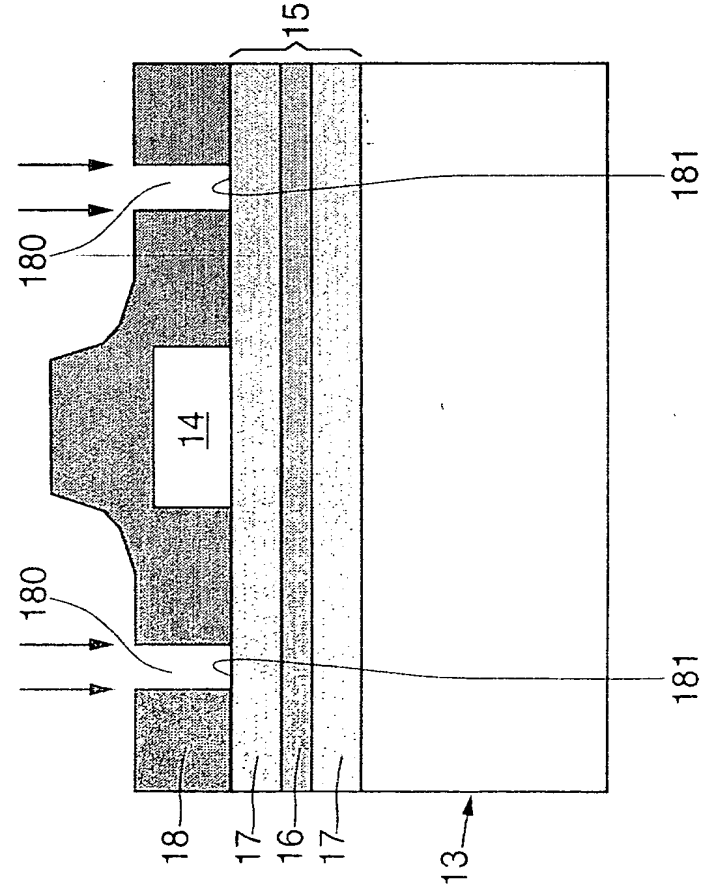




FIG. 8

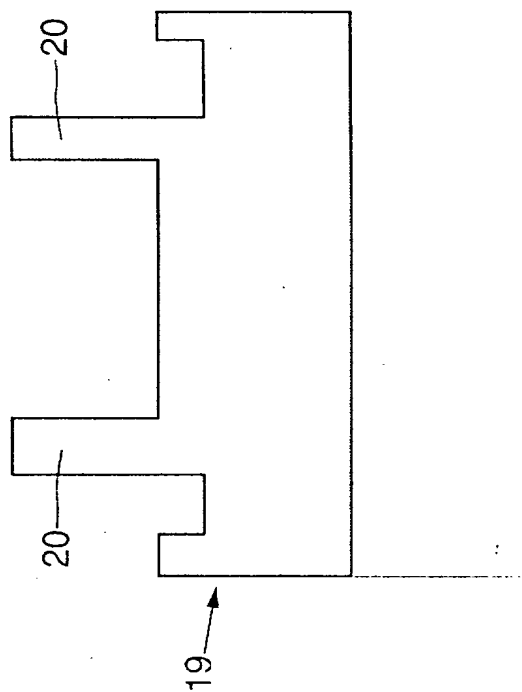


FIG.9

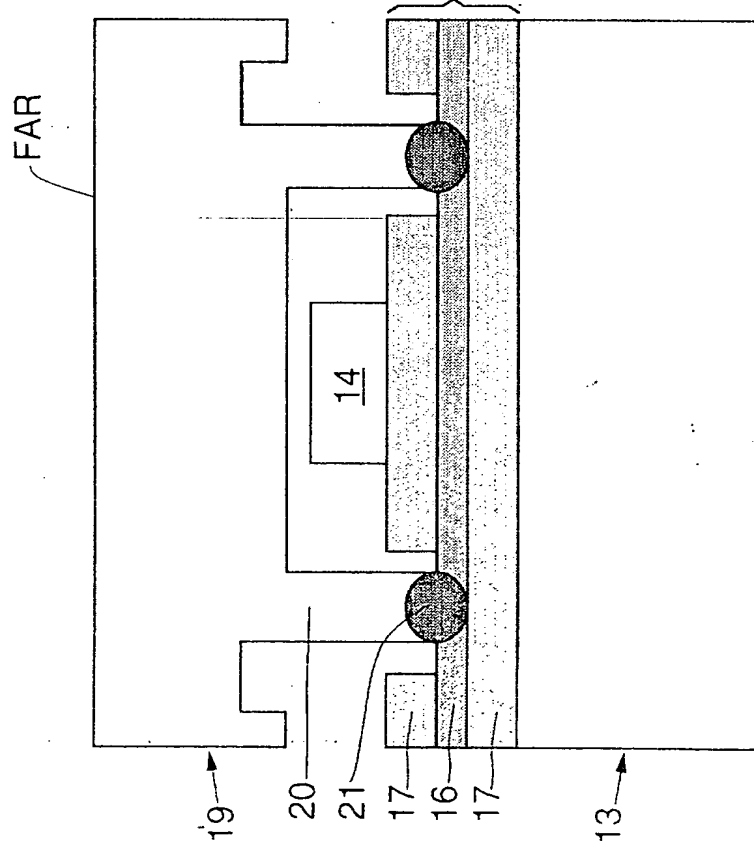


FIG.10

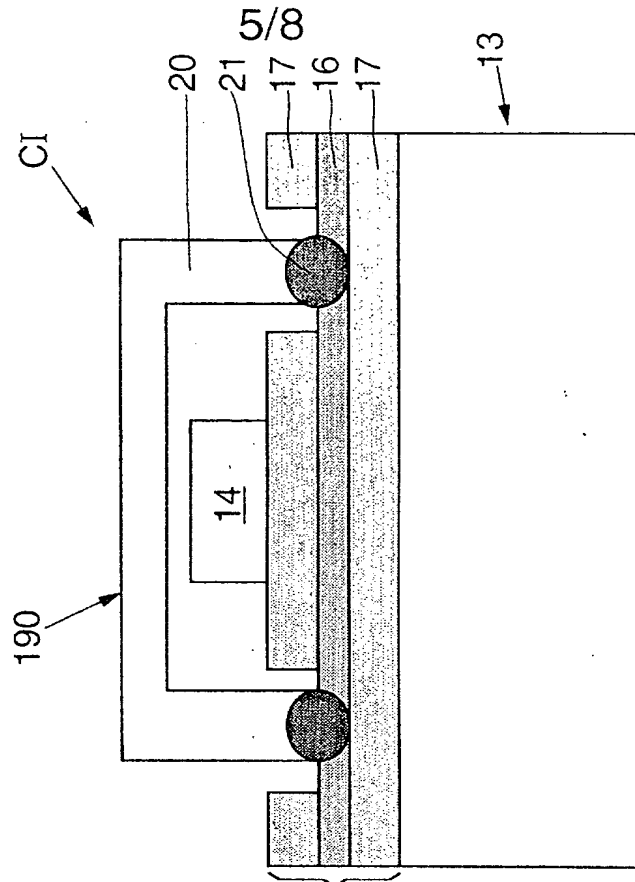


FIG.11

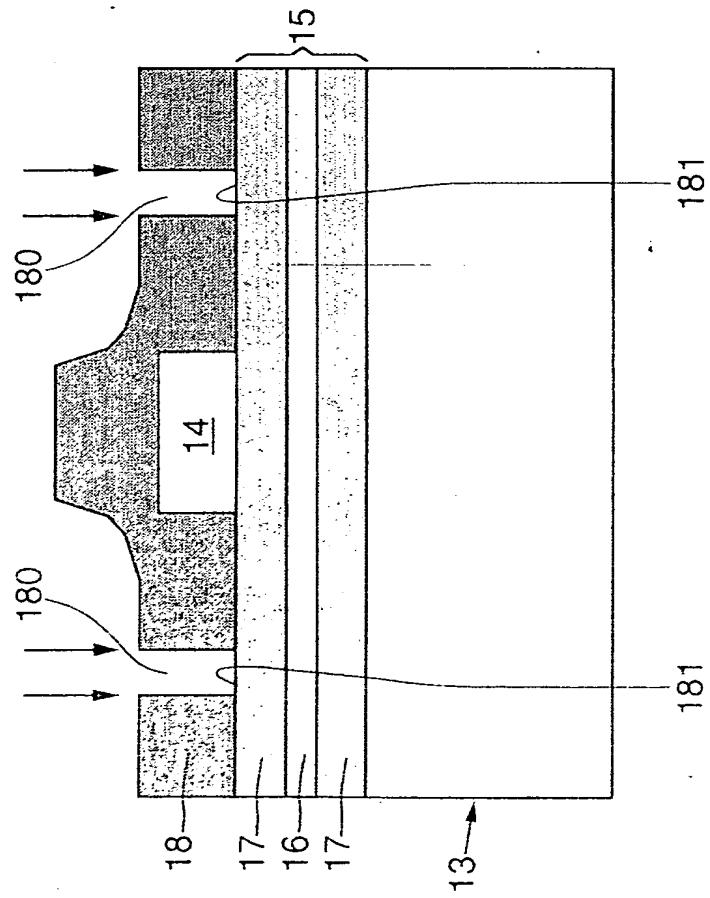


FIG.12

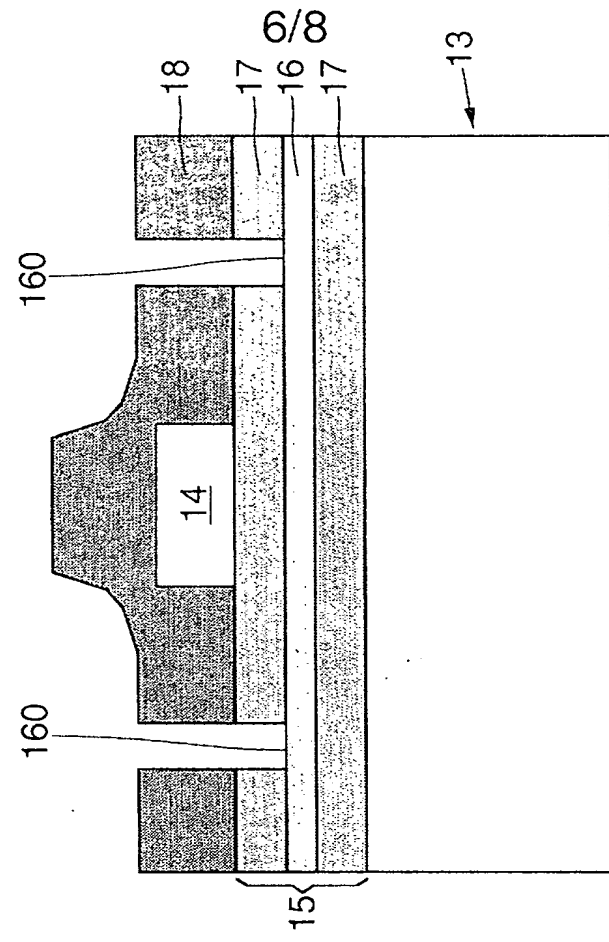


FIG.13

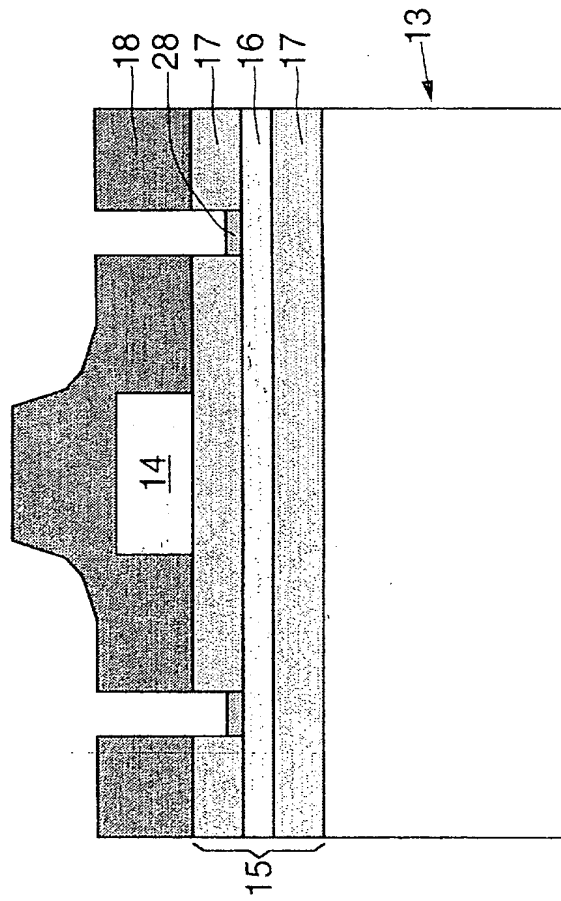


FIG.14

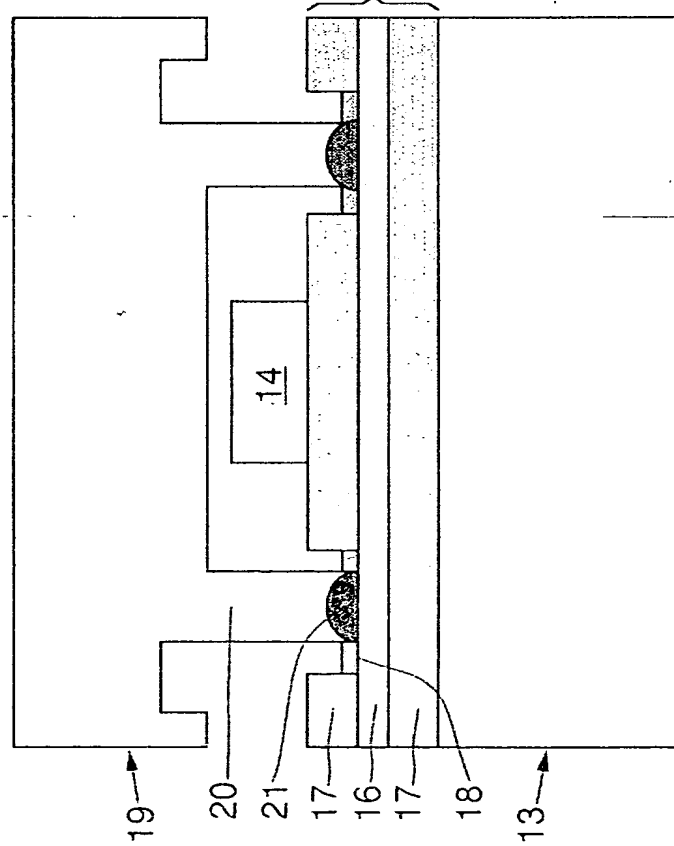
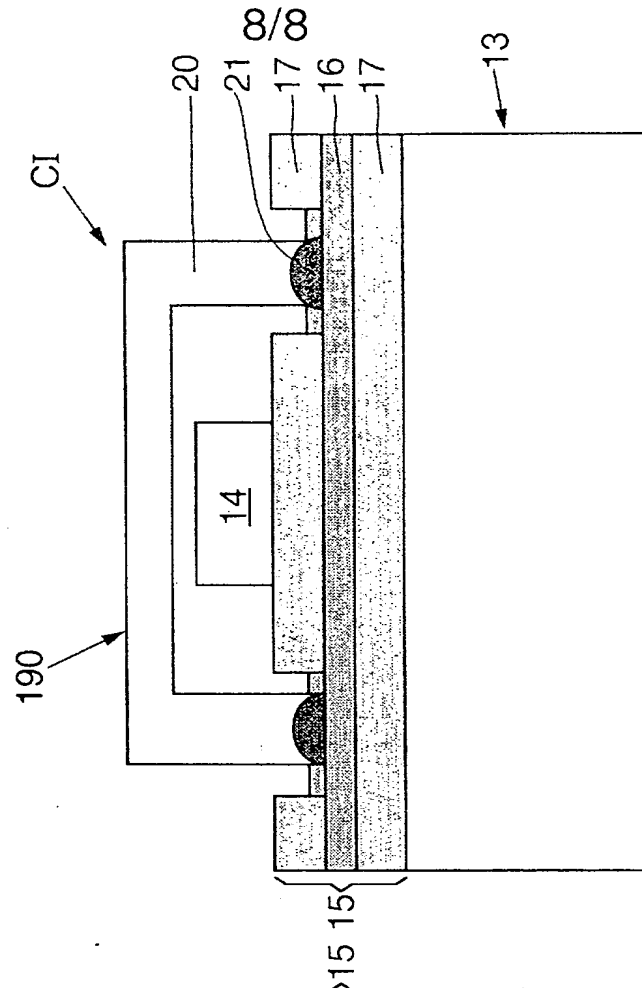


FIG.15





DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DE 113 0 W / 270001

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		B 02/3396 FR-FZ
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0215370
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>		
Procédé d'adhésion de deux éléments, en particulier d'un circuit intégré, par exemple une encapsulation d'un résonateur, et circuit intégré correspondant.		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
Société Anonyme dite : STMicroelectronics SA		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b>	<b>Nom</b>	BOUCHE
	<b>Prénoms</b>	Guillaume
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	1 rue du Palais
	<b>Code postal et ville</b>	38000 GRENOBLE
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
<b>2</b>	<b>Nom</b>	ANCEY
	<b>Prénoms</b>	Pascal
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	Les Guimets
	<b>Code postal et ville</b>	38420 REVEL
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
<b>3</b>	<b>Nom</b>	FROMENT
	<b>Prénoms</b>	Benoît
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	4 rue Honoré de Balzac
	<b>Code postal et ville</b>	38100 GRENOBLE
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b>		Paris, le 5 Décembre 2002
<b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b>		
<b>OU DU MANDATAIRE</b>		
<b>(Nom et qualité du signataire)</b>		
		Axel CASALONGA, bm 921044 i Conseil en Propriété Industrielle

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.